

**PEMETAAN ZON TANAH RUNTUH KAWASAN BUKIT ANTARABANGSA
MENGUNAKAN MENGGUNAKAN ARCGIS 9.3 DAN MODEL STABILITY
INDEX MAPPING**

SITI SUAIBAH BT ABDUL RAHIM

Tesis ini dikemukakan sebagai memenuhi syarat
penganugerahan Ijazah Sarjana Sains (Kejuruteraan Geomatik)

Fakulti Geoinfromasi dan Harta Tanah
Universiti Teknologi Malaysia

APRIL 2013

DEDIKASI

Syukur kehadiran Ilahi serta Selawat dan Salam pada Junjungan Rasul kerana telah memberi kekuatan, taufik, hidayah dan petunjuk kepada saya

Yang terlalu istimewa...

*Suami tercinta,
Mohd Rozi Bin Mohamad*

*Yang memahamiku, pengorbanan dan sokongan yang tidak putus-putus darimu sentiasa membakar semangat ini
Segala jasa dan pengorbananmu tidak ternilai.....*

*Buat ayahanda dan bonda yang dikasihi,
Hj. Abdul Rahim bin Hj Ghazali dan Rosna Bt Abdul Razak*

*Segala penat lelah kalian membesarkanku dengan memberikan kehidupan yang sempurna kepadaku merupakan azimat yang amat tinggi nilainya
Curahan kasih sayang dan doa kalian yang berterusan tidak ternilai Doa dan pengorbanan tidak dapat ku balas.....*

*Buat adik-adikku,
Mohd Syarif Amin, Mohd Syaiful Amin, Nur Dalilah, Mohd Asyraf, Nur Akmal dan Nur Salsabila*

Jadikan kejayaan ini sebagai pendorong kalian.....

PENGHARGAAN



Dengan Nama ALLAH Yang Maha Pemurah Lagi Maha Mengasihani Segala Puji-Pujian hanyalah bagi ALLAH s.w.t., Tuhan Sekian Alam. Selawat dan salam ke atas junjungan besar Nabi Muhammad s.a.w.. Syukur Alhamdulillah, dengan keizinan dan limpah kurnia ALLAH S.W.T.akhirnya penyelidikan ini dapat disempurnakan dengan jayanya. Semoga segala usaha yang dijalankan diberkati dan dirahmati Nya. Sekalung penghargaan ditujukan kepada pihak-pihak yang telah membantu menyiapkan tesis ini.

Jutaan terima kasih dan penghargaan yang tidak terhingga buat penyelia penyelidikan ini, Prof. Sr.Dr Wan Abdul Aziz Bin Wan Mohd yang tidak jemu-jemu memberi tunjuk ajar, nasihat serta pandangan mengenai kajian ini. Di kesempatan ini juga, saya ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada Prof. Madya Dr. Anuar bin Ahmad di atas tunjuk ajar dan nasihat yang di hulurkan. Tidak lupa juga Saudara Ooi Thiam Yew yang turut terlibat dalam kajian ini.

Penghargaan juga ditujukan kepada Cawangan Cerun, Jabatan Kerja Raya (JKR) Malaysia, dan juga Jabatan Meteorologi Malaysia kerana membekalkan data. Tidak ketinggalan, ucapan terima kasih buat teman-teman dan individu-individu yang telah membantu secara langsung dan tidak langsung di dalam kajian ini. Segala sokongan ikhlas dari kalian semua amatlah di hargai.

ABSTRAK

Penilaian kestabilan geobencana adalah amat penting untuk ramalan dan pengurusan bencana alam semulajadi seperti tanah runtuh, banjir, gempa bumi dan sebagainya. Sebagai contoh, analisa terhadap kestabilan cerun memerlukan penilaian hubungkait diantara kepelbagaian keadaan rupabumi dan kejadian tanah runtuh. Tujuan kajian ini adalah untuk menghasilkan dan menganalisa peta zon tanah runtuh di kawasan Bukit Antarabangsa, Ulu Klang, Selangor. Hubungan diantara taburan tanah runtuh dan lapisan parameter seperti kecerunan cerun, hujan, saliran, guna tanah dan geologi telah dikumpulkan, direkod dan diproses di dalam persekitaran pangkalan data Sistem Maklumat Geografi (GIS). Seterusnya pemberat numerikal bagi semua faktor ditentukan menggunakan kaedah 'weighted overlay'. Perisian ArcGIS 9.3 telah digunakan untuk melaksana, mengurus, memapar dan menganalisa data spatial bagi penghasilan peta kestabilan tanah runtuh pada skala 1: 8 000. Pemberat dan pengkelasan faktor-faktor penyebab tanah runtuh dicernakan untuk meramalkan kawasan yang berpotensi berlakunya tanah runtuh. Dalam kajian ini, peta zon tanah runtuh diklasifikasikan kepada empat zon nilai indeks kestabilan: Rendah (0-1), Sederhana (2-3), Sederhana Tinggi (4-5) dan Tinggi (6-8). Julat klasifikasi ditentukan oleh histogram daripada penaksiran terhadap kestabilan tanah runtuh. Kebanyakan lokasi kejadian tanah runtuh terletak di dalam indek kelas sederhana tinggi dan tinggi. Hasil peta kestabilan tanah seluas lebih kurang 1 km² menunjukkan hanya 0.8% daripada kawasan kajian berada pada indek yang tinggi terhadap risiko kejadian tanah runtuh. Manakala 23.4%, 70% dan 5.8% masing-masing berada dalam indek sederhana tinggi, sederhana dan rendah bagi risiko tanah runtuh. Peta kestabilan tanah runtuh ini dibandingkan dengan peta tanah runtuh daripada model Pemetaan Indeks Kestabilan (SINMAP). Secara keseluruhan, kajian ini mendapati kawasan Bukit Antarabangsa mempunyai kadar relatif peratusan yang tinggi terhadap kejadian tanah runtuh pada kecerunan melebihi 20 darjah. Taburan hujan harian yang melebihi 50mm menjadi pencetus kepada kejadian tanah runtuh di Bukit Antarabangsa dan kawasan sekitarnya.

ABSTRACT

The geohazard stability assessment is very important for the prediction and management of natural disaster such as landslide, flood, earthquake and so on. For example, the analysis of landslide requires evaluation of the relationship between various terrain conditions and landslide occurrences. The aims of this study are to produce and to analyze a landslide susceptibility map for hillslope areas at Bukit Antarabangsa, Ulu Klang, Selangor. The relationship between landslide distributions and layer parameters such as slope gradient, rainfall, drainage, geology and land use have been prepared, recorded and processed in Geographical Information System (GIS) database environment. Next, the numerical weights for all factors were determined using weighted overlay method. The ArcGIS Ver 9.3 software was used to execute, manage, display and analyse spatial data for production of landslide susceptibility map at scale of 1:8 000. Weighting and ranking of causative factors to landslide occurrence have been used to predict landslide potential areas. In this study, the landslide susceptibility map was divided into four zones of stability index values: Low (0-1), Moderate (2-3), Moderate High (4-5) and High (6-8). The ranges of classification were derived from the histogram of assessment of landslide stability. Many locations of landslide occurrence are located in the moderate high and high index. The results of the soil stability map of an area of approximately 1 km² showed that only 0.8% of the study area lies in the highest landslide prone area. Similarly, 23.4%, 70% and 5.8% of the area lies in the moderate high, moderate and low landslide prone area respectively. This susceptibility map is compared with the landslide map derived from **Stability Index Mapping (SINMAP)** model. In general, this study found that Bukit Antarabangsa area posed a relatively high percentage of landslides occurrence with slope angle larger than 20 degrees. Daily rainfall more than 50mm becomes a triggering factor to a landslide event at Bukit Antarabangsa and the area nearby.

KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	PENGESAHAN PENYELIA	
	PENGESAHAN TESIS	ii
	DEDIKASI	iii
	PENGHARGAAN	iv
	ABSTRAK	v
	ABSTRACT	vi
	SENARAI KANDUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	xii
	SENARAI RAJAH	xiv
	SENARAI SINGKATAN	xv
	SENARAI RUMUS	xvi
	LAMPIRAN	xvii
1	Pengenalan	
1.1	Pendahuluan	1
1.2	Penyataan Masalah	5
1.3	Objektif	7
1.4	Skop Kajian	8
1.5	Kawasan Kajian	9
1.6	Perkakasan dan Perisian	11
1.7	Kepentingan Kajian	13
1.8	Struktur Tesis	14

2 KAJIAN LITERATUR

2.1	Fenomena Tanah Runtuh	15
2.2	Jenis-Jenis Tanah Runtuh	17
2.2.1	Jatuhan	19
2.2.2	Pergerakan Gelincir	20
2.2.3	Jenis Gelincir Putaran	21
2.2.4	Jenis Gelincir Majmuk	22
2.2.5	Gelincir Translasi	24
2.2.6	Aliran	25
2.3	Mekanisma Tanah Runtuh	26
2.3.1.	Pergerakan Laju	27
2.3.2.	Pergerakan Perlahan	28
2.4	Faktor Berlakunya Tanah Runtuh	29
2.5	Sejarah Tanah Runtuh Di Malaysia	32
2.5.1	Kejadian Tanah Runtuh di Sekitar Lembah Klang	40
2.6	Kajian Tanah Runtuh di Malaysia	43
2.7	Sistem Penilaian Cerun	45
2.7.1	<i>Slope Priority Ranking System (SPRS)</i>	49
2.8	Aplikasi <i>Geographical Information System (GIS)</i> Dalam Pemetaan Tanah Runtuh	52
2.9	Pemetaan Tanah Runtuh	53

3 METODOLOGI

3.1	Pengenalan	56
3.2	Kajian awal	58
3.3	Pengumpulan Data	59
3.3.1	Data Hujan	60

3.3.2	Data Kontur	60
3.3.3	Data Saliran	61
3.3.4	Data cerun	62
3.3.5	Data Guna Tanah	63
3.3.6	Data Geologi	64
3.4	Pemprosesan Data	65
3.4.1	Pengkelasan Data	65
3.5	<i>Weighted Overlay</i>	70
3.6	<i>Stability Index Mapping (SINMAP)</i>	71

4 HASIL KAJIAN DAN ANALISIS

4.1	Pengenalan	74
4.2	Kaedah Pemarkahan Analisis Spatial	76
4.3	Analisis Taburan Hujan	79
4.4	Analisis Data Saliran	83
4.5	Analisis Kecerunan Cerun	85
4.6	Analisis Data Geologi Dan Jenis Tanah	88
4.7	Analisis Jenis Guna Tanah	91
4.8	Kaedah Analisis Spatial (<i>Weighted Overlay Analysis</i>)	93
4.9	Analisis SINMAP	97
4.10	Hubungkait diantara Faktor Hujan dengan Kejadian Tanah Runtuh	106
4.10.1	Tragedi Highland Towers	106
4.10.2	Tragedi Hillview	108
4.10.3	Tragedi Kampung Pasir	110
4.10.4	Tragedi Bukit Antarabangsa	112
4.11	Kesahihan Hasil Kajian	114

5 KESIMPULAN DAN CADANGAN

5.1	Pengenalan	116
5.2	Kesimpulan	117
5.3	Cadangan	118

SENARAI RUJUKAN	120
------------------------	-----

LAMPIRAN	128
-----------------	-----

SENARAI JADUAL

NO. JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
1.1	Kejadian tanah runtuh di Malaysia (1973-2007) yang melibatkan kos melebihi RM 15 juta	5
2.1	Pengkelasan cerun mengikut kesesuaian pembangunan	31
2.2	Inventori tanah runtuh dan taburan geomorfologi	35
2.3	Kejadian tanah runtuh yang berlaku di Lembah Klang (1993-2011)	41
2.4	Pengkelasan <i>SPRS</i> (JKR,2000)	50
2.5	Julat skor bagi cerun potong (JKR,2000)	51
3.1	Nilai Faktor c bagi Guna Tanah	66
3.2	Nilai Guna Tanah Mengikut Skor	67
3.3	Faktor keselamatan model SINMAP	72
4.1	Markah keseluruhan pengkelasan tanah runtuh	78
4.2	Data Taburan Hujan Harian	81
4.3	Skor Taburan Hujan Harian	82
4.4	Pengkelasan Zon Penimbal Data Saliran	84
4.5	Kelas Kecerunan Cerun Mengikut Kesesuaian Pembangunan	86
4.6	Pengkelasan Dan Pembahagian Skor Bagi Parameter Kecerunan Cerun	86
4.7	Ciri-ciri tanah kawasan Bukit Antarabangsa	89
4.8	Parameter Kekuatan Tanah Sebahagian Tanah Baki Tropika	90
4.9	Pengkelasan Jenis Guna Tanah Mengikut Skor	92
4.10	Pengkelasan Tanah Runtuh	93
4.11	Peraturan Zon Tanah Runtuh	104
4.12	Taburan hujan 10 hari sebelum tragedi Highland Towers	107

4.13	Taburan hujan 10 hari sebelum tragedi	
	Taman Hillview	109
4.14	Kategori Keamatan Hujan	110
4.15	Taburan Hujan 10 Hari Sebelum Kejadian	
	Tanah Runtuh	113
4.16	Parameter kejadian tanah runtuh	115

SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
1.1	Kawasan Kajian	10
1.2	Perisian Autocad	11
1.3	Perisian ArcGIS 9.3	12
2.1	Jenis-jenis tanah runtuh	18
2.2	Mod kegagalan jatuh	19
2.3	Jatuhan batu	20
2.4	Pergerakan gelincir	20
2.5	Mod kegagalan gelincir putaran	21
2.6	Jenis-jenis gelincir putaran	22
2.7	Mod kegagalan gelincir majmuk	22
2.8	Contoh tanah runtuh gelinciran majmuk	23
2.9	Mod kegagalan gelincir translasi	24
2.10	Mod kegagalan aliran	25
2.11	Aliran debris - Jenis Pergerakan Tanah Runtuh yang pantas	27
2.12	Rayapan - Jenis Pergerakan Tanah Runtuh yang perlahan	28
2.13	Taburan tanah runtuh di Malaysia (1973-2007)	33
2.14	Taburan tanah runtuh berdasarkan geomorfologi	34
2.15	Bilangan mangsa akibat tanah runtuh	34
2.16	Peta inventori tanah runtuh Semenanjung Malaysia	36
2.17	Peta inventori tanah Sabah dan Sarawak	36
2.18	Tanah runtuh di Ringlet Cameron Highland	37

2.19	Jumlah kejadian tanah runtuh serta kematian yang disebabkan oleh tanah runtuh	38
	Tanah runtuh yang telah memusnahkan	39
2.20	Highland Towers yang menggorbankan 48 nyawa	39
2.21	Aliran Debris di Keningau, Sabah yang telah mengorbankan 302 nyawa	40
2.22	Tanah runtuh di Taman Hillview	43
2.23	Model LWS	48
2.24	Stesen tolok hujan di seksyen 38, Simpang Pulai	48
2.25	Prototaip model bagi kawasan yang aktif mengalami tanah runtuh	49
2.26	Peta Risiko Tanah Runtuh	55
3.1	Metodologi kajian	57
3.2	Data kontur kawasan kajian	61
3.3	Data saliran kawasan kajian	62
3.4	Data kecerunan cerun kawasan kajian	63
3.5	Data guna tanah	63
3.6	Peta geologi Kuala Lumpur berskala 1:25 000	64
3.7	Peta guna tanah sebelum pengkelasan	68
3.8	Peta guna tanah selepas pengkelasan	68
3.9	Peta cerun sebelum pengkelasan	69
3.10	Peta cerun selepas pengkelasan	69
3.11	Konsep tindihan data	70
3.12	Model SINMAP	71
3.13	Model Kestabilan Cerun Infiniti Berdasarkan Kartografi/Hidrologi	72
4.1	Graf taburan hujan bulanan bagi tempoh lima tahun (2004-2008)	79
4.2	Taburan hujan bulanan bagi tahun 2008	80
4.3	Lokasi stesen tadahan hujan	81
4.4	Zon penimbal saliran	84
4.5	Penghasilan TIN daripada data kontur	87
4.6	Hasil analisis kecerunan cerun	87

4.7	Jenis batuan yang terdapat di kawasan kajian	88
4.8	Taburan tanah baki utama yang terdapat di Semenanjung	89
4.9	Jenis guna tanah kawasan Bukit Antarabangsa	91
4.10	Hasil analisis jenis guna tanah	92
4.11	Peta tanah runtuh kawasan Bukit Antarabangsa	94
4.12	Peratusan pengkelasan zon tanah runtuh	95
4.13	Input bagi Model SINMAP	97
4.14	Peta indeks kestabilan Bukit Antarabangsa	98
4.15	Paparan 2D kawasan Bukit Antarabangsa	98
4.16	Paparan 3D kawasan Bukit Antarabangsa	99
4.17	Peta kelembapan tanah	101
4.18	SA plot kawasan kajian	102
4.19	Peta zon tanah runtuh	104
4.20	Peta indeks kestabilan	105
4.21	Peta kelembapan tanah	105
4.22	Jumlah hujan bulanan tahun 1993	107
4.23	Jumlah hujan bulanan tahun 2002	109
4.24	Jumlah hujan bulanan tahun 2006	111
4.25	Taburan hujan kumulatif 27 Mei hingga 31 Mei 2006 bagi stesen hujan Bukit Antarabangsa	111
4.26	Taburan hujan harian bagi bulan November 2008	113
4.27	Taburan hujan harian bagi bulan Disember 2008	114

SENARAI SINGKATAN

DEM -	Digital elevation model
DXF -	Data Exchanged File
ESRI -	Environmental Systems Research Institute
FS -	Factor of Safety
GIS -	Geographical Information System
JKR -	Jabatan Kerja Raya
JPS -	Jabatan Pengairan dan Saliran
LHRA -	Landslide Hazard and Risk Assessment
LPT -	Lebuhraya Pantai Timur
MACRES –	Malaysia Centre for Remote Sensing
SA Plot-	Stability Analysis Plot
SAS -	Slope Assessment Systems
SHALTAB -	Shallow Landsliding Stability
SI-	Stability Index
SINMAP -	Stability Index Mapping
SIMS -	Slope Information Management System
SMART -	Slope Management and Risk Tracking System
SMS -	Slope Maintenance System
SPRS -	Slope Priority Ranking System
TIN -	Triangulated Irregular Network
USLE -	Universal Soil Loss Equation

SENARAI RUMUS

NO. RUMUS	TAJUK	HALAMAN
3.1	Kestabilan Cerun Infiniti	72
3.2	Faktor Keselamatan (FS)	73
3.3	Indek kestabilan (SI)	73

LAMPIRAN

LAMPIRAN	PERKARA	MUKA SURAT
A	Data taburan hujan (1990-2009)	128

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Latarbelakang Kajian

Kejadian tanah runtuh merupakan bencana geologi yang sering melanda kebanyakan negara di dunia tidak terkecuali Malaysia. Secara globalnya, ianya menyebabkan kerugian berbilion-bilion ringgit dimana banyak harta benda yang musnah serta mengakibatkan kecederaan setiap tahun. Tanah runtuh merupakan salah satu daripada proses susutan darat yang disebabkan oleh ketidakstabilan jisim tanah. Pergerakan tanah adalah dari kawasan tinggi ke kawasan yang rendah mengikut cerun akibat daripada tindakbalas daya tarikan graviti bumi. Pergerakannya boleh disertai dengan agen pembawa seperti aliran air. Tanah runtuh berpunca daripada kegagalan bahan tanah atau batuan yang tidak dapat bertahan dari satu kedudukan akibat beberapa faktor tertentu. Seterusnya, ini akan menyebabkan berlakunya proses susutan jisim tanah pada permukaan bumi. Walaupun graviti yang bertindak pada cerun curam merupakan punca utama tanah runtuh, terdapat faktor tambahan lain. Faktor yang berpotensi menyumbang kepada berlakunya tanah runtuh boleh dibahagikan kepada dua bahagian: iaitu faktor alam dan juga faktor manusia. Faktor-faktor alam adalah berkaitan dengan jenis bahan dan ketebalan, geomorfologi dan pemendakan, manakala faktor-faktor manusia pula termasuklah pengubahsuaian cerun bagi tujuan pembangunan infrastruktur, lebuh raya dan perumahan, pengubahsuaian saluran, dan pemindahan tumbuh-tumbuhan.

Kebanyakan kejadian tanah runtuh yang berlaku di Malaysia disebabkan oleh taburan hujan yang tinggi. Menyingkap kepada sejarah kejadian tanah runtuh di Malaysia, kita pasti akan mengenangkan kembali mengenai kejadian tanah runtuh terburuk di negara ini yang berlaku pada tahun 1993. Kejadian dimana sebuah pangsapuri mewah rebah menyembah bumi pada 11 Disember 1993 di Ulu Klang menjadi igauan ngeri bukan sahaja di kalangan penduduk di situ bahkan untuk seluruh masyarakat Malaysia. Kegagalan fungsi tanah untuk menyokong struktur bangunan perumahan tersebut menyebabkan berlakunya runtuh tanah yang mengorbankan 48 nyawa penghuni blok perumahan tersebut. Malapetaka hebat ini dikatakan berpunca daripada taburan hujan selama 10 hari tanpa henti di kawasan terbabit yang menyebabkan struktur tanah menjadi longgar dan runtuh (Berita Harian, 1999).

Kejadian tanah runtuh tidak terhenti di situ sahaja. Pada 30 Jun 1995 berlakunya runtuh tanah di jalan susur Genting Highlands yang telah mengorbankan 21 orang dan mengakibatkan kecederaan kepada 23 yang lain. Kejadian ini dipercayai berpunca daripada hujan lebat yang mengakibatkan air turun laju dan menghanyutkan pokok dan tanah berhampiran terowong Karak. Kurang daripada setahun daripada kejadian tanah runtuh yang berlaku di Genting Highlands, berlaku pula tanah runtuh di Jalan 3/11 Pesiaran Tiga, Bandar Baru Selayang. Kejadian berlaku berhampiran tiga blok flat kawasan perumahan yang didiami 130 keluarga namun tiada kemalangan jiwa dilaporkan. Pada 25 Disember 1997, satu lagi kejadian tanah runtuh yang berlaku di Km17 Lebuhraya Ampang-Ulu Klang, Selangor yang telah mengorbankan tiga orang (Bernama, 2008).

Kejadian tanah runtuh yang berlaku pada 15 Mei 1999 sepanjang 100 meter telah menyebabkan penduduk di kawasan perumahan Bukit Antarabangsa dan Wangsa Ukay, Jalan Ulu Klang terperangkap yang mengakibatkan seorang kanak-kanak berusia empat tahun menjadi korban. Fenomena tanah runtuh yang melanda Malaysia tidak terhenti di situ sahaja. Masih terdapat kejadian tanah runtuh yang berlaku. Tanggal 2 November 2002 sebuah banglo di Taman Hillview, Hulu Klang milik bekas panglima Angkatan Tentera, Jen (B) Tan Sri Ismail Omar runtuh selepas dirempuh tanah runtuh dari bukit bersebelahan rumahnya. Dalam kejadian tersebut, isteri beliau Puan Sri Azizah Abdul Aziz, anak beliau Hijaz, beserta dua menantu dan dua cucu serta pembantu rumah Indonesia menjadi korban tanah runtuh (Bernama, 2008)

Seterusnya, kejadian tanah runtuh yang berlaku pada 31 Mei 2006. Sebanyak 49 buah rumah di Kampung Pasir, Hulu Klang musnah akibat runtuhan tanah dan empat sekeluarga terkorban. Manakala pada 30 November 2008, dua beradik, Noratirah Roslan, 16, dan Nurul Intan Sarina, 9, terkorban selepas tertimbus dalam kejadian tanah runtuh yang turut meranapkan sebuah banglo di Ulu Yam Perdana, Hulu Selangor. Sekali lagi negara digemparkan dengan kejadian tanah runtuh yang berlaku di Bukit Antarabangsa. Kejadian yang berlaku pada 6 Disember 2008 telah memusnahkan 14 buah banglo di Taman Bukit Mewah, Bukit Antarabangsa, dan turut meragut lima nyawa (Bernama, 2008).

Tahun 2011 turut mencatatkan peristiwa tanah runtuh. Kejadian kali ini membabitkan Rumah Anak-anak Yatim dan Anak-anak Hidayah Madrasah Al-Taqwa di Batu 14, Hulu Langat dan dalam kejadian pada pukul 2.30 petang 21 Mei 2011 itu, seramai 25 orang terdiri daripada anak yatim, penuntut, warden dan kakitangan rumah anak yatim itu tertimbus. Kejadian menyayat hati itu mengorbankan 16 orang dan mencederakan sembilan yang lain. Kebanyakan mangsa ialah kanak-kanak yang menghuni rumah itu (Harian Metro, 2011).

Rentetan daripada peristiwa-peristiwa tanah runtuh yang melanda negara, Cawangan Kejuruteraan Cerun di bawah Jabatan Kerja Raya Malaysia (JKR) telah ditubuhkan pada 2 Februari 2004 untuk mengurus, mengawal dan memantau kesemua cerun yang terdapat di seluruh negara. Hal ini membuktikan bahawa kerajaan sangat prihatin terhadap isu ini demi menjamin keselamatan dan kesejahteraan orang awam.

Oleh kerana fenomena tanah runtuh mengundang kebimbangan masyarakat diseluruh dunia, beberapa kaedah analisis secara matematikal serta model kestabilan cerun telah dihasilkan untuk tujuan kajian kestabilan cerun dan perkembangannya semakin baik terutamanya dalam bidang kejuruteraan geoteknik. Begitu juga dengan penggunaan peta zon tanah runtuh. Maka, penggunaan peta zon tanah runtuh amat penting dan semakin meningkat terutamanya untuk tujuan perancangan pembangunan sosio ekonomi. Secara umumnya, peta zon tanah runtuh akan mengelaskan kawasan kepada beberapa zon mengikut ranking tahap kestabilan cerun. Penghasilan peta zon tanah runtuh bukanlah kerja yang mudah kerana ia melibatkan penggunaan data yang banyak dan kompleks.

Sejak lewat 1980-an penggunaan Sistem Maklumat Geografi atau *Geographical Information System* (GIS) digunakan secara serius didalam aplikasi geosains terutamanya untuk menangani isu-isu berkaitan ketidakstabilan tanah/cerun. Terdapat pelbagai kaedah dan teknik yang menggunakan teknologi GIS didalam pemodelan dan penghasilan peta zon tanah runtuh. Analisa tanah runtuh merupakan teknik yang rumit disebabkan oleh pengiraan dan tindihan peta yang kompleks. Disamping analisis tanah runtuh melibatkan hubungan diantara keadaan rupabumi dengan kejadian tanah runtuh. Namun demikian, dengan menggunakan aplikasi GIS akan membolehkan pengurusan data atribut yang efektif dan sistematik disamping pemantauan yang berkesan dan dapat dijadikan sebagai rujukan terhadap ramalan kejadian tanah runtuh yang akan berlaku di masa hadapan.

1.2 Pernyataan Masalah

Perubahan iklim, keadaan geologi dan faktor penyebab yang lain menjadikan bencana tanah runtuh merupakan salah satu bencana alam yang telah membawa banyak kemusnahan di kawasan beriklim tropika termasuklah Malaysia. Sejak tahun 1973 hingga 2007, lebih daripada 400 kes kejadian tanah runtuh yang telah dilaporkan berlaku di Malaysia, dimana sebanyak 31 kes yang mengakibatkan kematian. Sekurang-kurangnya 600 nyawa terkorban akibat kejadian tanah runtuh yang berlaku sejak 1973. Namun begitu, terdapat ribuan kejadian tanah runtuh kecil yang tidak dilaporkan Berdasarkan inventori daripada Jabatan Kerja Raya, jumlah kerugian ekonomi bagi kes-kes tanah runtuh yang dilaporkan dari 1973 hingga 2007 adalah amat tinggi. Jumlah kerugian ekonomi bagi tanah runtuh yang dilaporkan dari tahun 1973 hingga 2007 dianggarkan kira-kira RM3.0 bilion. Beberapa kejadian tanah runtuh yang besar dari tahun 1973 dengan kos ekonomi melebihi RM15 juta disenaraikan dalam Jadual 1.1 (Pelan Cerun Induk Negara, JKR)

Jadual 1.1: Kejadian tanah runtuh di Malaysia (1973-2007) yang melibatkan kos melebihi RM 15 juta (Sumber: Pelan Induk Cerun Negara, JKR)

Tahun	Lokasi	Bilangan Kematian	Kos (RM Juta)
Okt-73	Kampung Kacang Putih, Ipoh, Perak	42	64.8
Dis-93	Highland Tower Collapse, Ampang, Selangor	48	184.9
Jun-95	Km 39 Lebuhraya KL-Karak, Genting Highland, Pahang	20	48.3
Jan-96	Km 303.8 North-South Expressway, Gunung Tempurung, Perak	1	16.7
Ogos-96	Pos Dipang, Perak	44	69.0
Dis-96	Keningau, Sabah	302	458.9
Feb-99	Kg. Gelam, Sandakan, Sabah	17	29.5
Jan-02	Simunjan, Sarawak	16	28.0
Nov-02	Taman Hillview, Hulu Klang, Kuala Lumpur	8	17.4
Nov-03	Km 21.8 NKVE Bukit Lanjan, Selangor	-	836.0
Apr-05	Kg Melayu Bt 11, Puchong, Selangor	-	47.0
Apr-06	Km 44 Jln Simpang Pulai Cameron Highland, Pahang (Gunung Pass)	-	354.6
Mei-06	Kampung Pasir (Taman Bukit Zooview), Hulu Klang, Selangor	4	20.7

Jika dilihat dari Jadual 1.1, pemetaan untuk menentukan kawasan yang berisiko kepada tanah runtuh adalah sangat penting dan perlu untuk aktiviti pembangunan dan pengurusan tanah. Oleh itu, kajian untuk menentukan kawasan yang berisiko kepada tanah runtuh perlulah diperluaskan perspektifnya. Ini adalah sangat penting untuk pembangunan mampan yang bebas terhadap tanah runtuh terutamanya di kawasan berbukit dan tanah tinggi. Risiko tanah runtuh seringkali sukar diramal dan dielak oleh manusia. Ianya boleh berlaku sama ada sebelum, semasa dan selepas pembinaan.

Fenomena tanah runtuh menjadi topik perbincangan yang hangat dikalangan para penyelidik dan ahli sains geologi. Terdapat pelbagai faktor dan contoh kejadian tanah runtuh yang sentiasa dikaji oleh ahli sains. Antara isu yang sering dibangkitkan ialah faktor-faktor yang menyebabkan tanah runtuh serta tindakan yang perlu diambil bagi mengatasi berlakunya kejadian ini. Memandangkan taburan hujan yang tinggi merupakan penyebab utama kepada berlakunya tanah runtuh di Malaysia (Utusan Online, 2006), kajian terhadap hubungan diantara fenomena tanah runtuh dan hujan serta faktor-faktor lain perlu dilakukan. Penghasilan zon pemetaan tanah runtuh adalah amat perlu bagi membantu pihak tertentu dalam mengenalpasti kawasan yang berada di dalam lingkungan zon yang berisiko tinggi mengalami tanah runtuh seterusnya mengelakkan daripada membangunkan kawasan perumahan di zon bahaya tersebut. Peta zon tanah runtuh akan mengelaskan kawasan kajian mengikut tahap kestabilan iaitu kawasan yang paling stabil hingga kawasan yang paling berisiko tinggi berlakunya tanah runtuh.

Lantaran itu, sejajar dengan perkembangan teknologi maklumat, capaian terhadap maklumat digital menjadi keutamaan dan kehendak dikalangan pengguna. Oleh itu, kajian tanah runtuh menggunakan GIS merupakan langkah yang tepat dalam penyediaan maklumat berbentuk digital. Penghasilan peta zon tanah runtuh menggunakan kaedah konvensional amat kompleks. Dengan adanya GIS ianya dapat memudahkan analisis serta penghasilan peta zon tanah runtuh. GIS merupakan satu sistem yang mampu menghubungkan data-data geografi dengan data-data atribut.

Teknologi GIS merupakan pemangkin yang diperlukan untuk menyelesaikan banyak masalah yang dahulunya menjadi hambatan dan kekangan kepada disiplin-disiplin yang menggunakan data geografi. Ianya mengintegrasikan data ruang dengan maklumat dalam satu sistem. Pengguna lebih mudah untuk memanipulasi pengetahuan geografi dengan adanya peta dan maklumat yang berbentuk digital.

1.3 Objektif Kajian

Secara umumnya matlamat analisis bencana tanah runtuh adalah untuk mengurangkan risiko terhadap manusia, bandar, alam sekitar dan juga tanah. Bahagian yang paling penting di dalam pemetaan zon tanah runtuh adalah pengesahan output yang dihasilkan supaya ianya dapat digunakan untuk meramal kawasan yang berisiko kepada tanah runtuh yang mempunyai faktor yang sama dengan kejadian tanah runtuh yang telah berlaku. Bagi memenuhi tujuan kajian yang telah ditetapkan, objektif utama kajian ialah:

- i. Menganalisa hubungan parameter-parameter tanah runtuh dengan kejadian tanah runtuh yang telah berlaku pada tahun 1993, 2002, 2006 dan 2008 menggunakan model SINMAP dan juga perisian ArcGIS 9.3.
- ii. Menghasilkan peta zon tanah runtuh berdasarkan kepada pengkelasan parameter-parameter yang terlibat menggunakan GIS
- iii. Membandingkan peta zon tanah runtuh dengan peta kestabilan cerun yang dihasilkan menggunakan model SINMAP

1.4 Skop Kajian

Menentukan bahaya tanah runtuh yang sedia ada dan meramal kejadian tanah runtuh pada masa akan datang memerlukan pemahaman tentang kejadian dan proses tanah runtuh serta kaedah pencegahannya. Peta inventori tanah runtuh memberikan maklumat lokasi tanah runtuh yang diketahui. Manakala peta bencana tanah runtuh pula memberikan maklumat tanah runtuh yang diketahui yang mengandungi komponen subjektif seperti tafsiran kestabilan tanah. Kajian ini memfokuskan kepada penggunaan GIS dalam pemetaan zon tanah runtuh kawasan Bukit Antarabangsa, Selangor. Oleh itu, untuk mencapai objektif yang telah digariskan skop kajian adalah seperti berikut:

1. Mengenalpasti faktor-faktor tanah runtuh berdasarkan kepada kajian sebelumnya dan inventori tanah runtuh kawasan kajian.
2. Menilai peranan faktor tanah runtuh kawasan kajian.
3. Menggunakan kaedah GIS menerusi perisian ArcGIS 9.3 untuk penghasilan peta zon tanah runtuh.
4. Menilai peta zon tanah runtuh yang dihasilkan dengan membandingkan peta tanah runtuh yang dihasilkan menggunakan kaedah tindihan pemberat dengan peta zon tanah runtuh yang dihasilkan oleh model SINMAP.
5. Menganalisa taburan data hujan dengan kejadian tanah runtuh.
6. Mengsyorkan kaedah pencegahan bencana tanah runtuh supaya dapat membantu masyarakat bersedia menghadapi bencana.

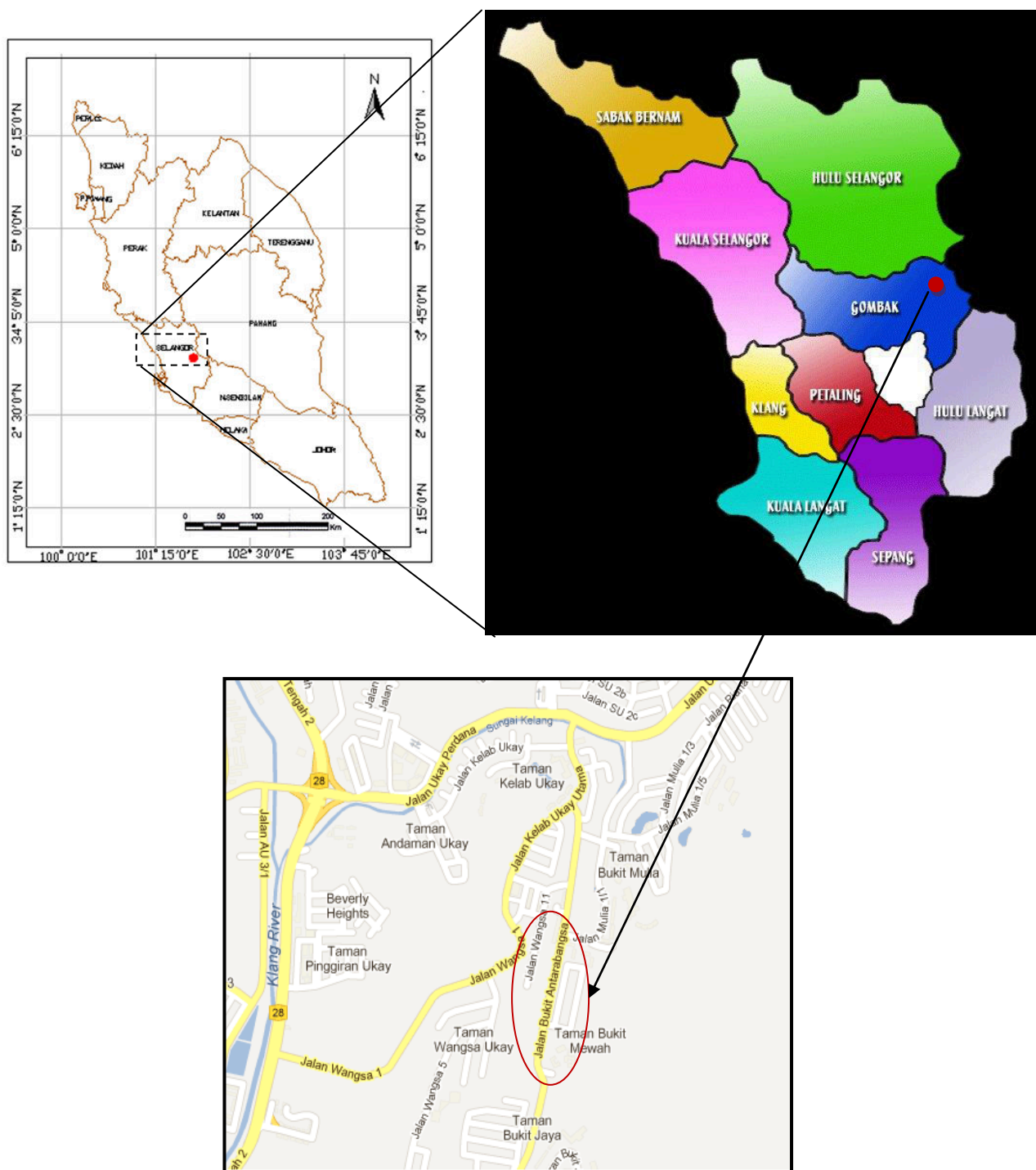
1.5 Kawasan Kajian

Kedudukan Malaysia yang berada di garisan Khatulistiwa menjadikan Malaysia sebuah negara tropika yang beriklim panas dan lembap sepanjang tahun. Taburan hujan bulanan yang tinggi sehingga 350 mm terutamanya pada musim monson iaitu bulan Disember dan Januari boleh menyebabkan tanah menjadi tepu (Jabatan Meteorologi Malaysia, 2010). Selain daripada faktor hujan, kecerunan cerun dan jenis tanah turut menyumbang kepada berlakunya tanah runtuh terutamanya di kawasan yang berbukit seperti Bukit Antarabangsa, Ulu Klang, Selangor Genting Highland dan Cameron Highland, Pahang. Keadaan geologi kedua-dua kawasan menunjukkan kawasan tersebut terdiri daripada syal (shale) dan syis (schist) yang mudah terluluhawa dan membentuk tanah liat yang akan menyerap air ke dalam tanah dan seterusnya menyebabkan pergerakan tanah (Jabatan Kerja Raya Malaysia). Kawasan bukit dan pergunungan semenanjung Malaysia kebanyakannya terdiri daripada batuan jenis granit (Bujang B.K Huat dan Faisal Hj.Ali, 2007).

Bukit Antarabangsa terkenal sebagai kawasan perumahan elit di Malaysia. Bukit Antarabangsa terletak di daerah Ulu Klang, Selangor (lihat Rajah 1.1). Ulu Klang terletak di $3^{\circ}12'00''$ N latitud dan $101^{\circ}46'01''$ E longitud adalah di bawah bidang kuasa majlis Perbandaran Ampang Jaya dan Jabatan Kerja Raya Kajang. Permintaan terhadap tanah di Ulu Klang semakin meningkat dan menjadikannya kawasan yang cepat menerima pembangunan infrastruktur yang pesat.

Oleh kerana berhampiran dengan Kuala Lumpur maka, permintaan tanah untuk projek pembangunan perumahan turut meningkat. Bukit Antarabangsa merupakan kawasan yang pesat membangun dan terkenal sebagai penempatan bagi golongan elit kerana kedudukannya yang berbukit serta menyajikan pemandangan yang indah. Antara penempatan yang terletak di sekitar Bukit Antarabangsa ialah Taman Bukit Mewah, Taman Bukit Mulia, Taman Bukit Utama, Taman Bukit Jaya dan Taman Wangsa Ukay.

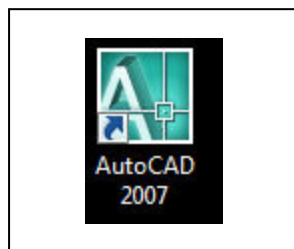
Kawasan kajian hanya meliputi kawasan yang berkeluasan 1km^2 . Pemilihan kawasan kajian adalah berdasarkan kekerapan yang tinggi terhadap kejadian tanah runtuh. Antara kejadian tanah runtuh yang berlaku seperti di Taman Hillview, Taman Harmonis dan Highland Towers. Lokasi-lokasi tanah runtuh tersebut adalah merupakan sebahagian daripada kawasan Bukit Antarabangsa.



Rajah 1.1: Kawasan Kajian (Sumber: Google map)

1.6 Perkakasan dan Perisian

Kerja-kerja pemprosesan data dan analisis memerlukan perkakasan dan perisian yang sesuai supaya hasil kajian yang dihasilkan adalah berkualiti dan tepat. Dalam kajian ini komputer merupakan perkakasan utama yang digunakan untuk pemprosesan dan peng storan data. Perkakasan tanpa perisian tidak memberikan apa-apa makna. Oleh itu, beberapa perisian telah dikenalpasti dapat membantu dalam pelaksanaan kajian ini. Antara perisian yang digunakan ialah perisian AutoCAD 2007, ArcGIS 9.3 dan ArcView 3.3.



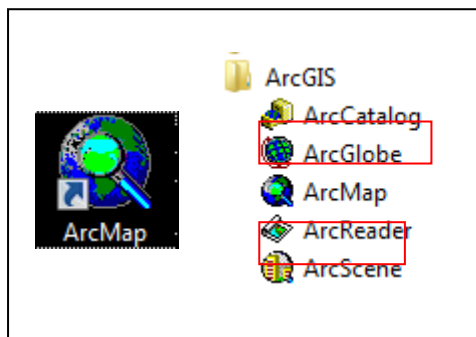
Rajah 1.2: Perisian AutoCAD 2007 digunakan untuk pengeditan data dan pendigitan peta asas

(Sumber: <http://www.brycad.com/resources.html>)

AutoCAD 2007 merupakan sebuah perisian yang biasa digunakan untuk tujuan am dalam merekabentuk serta melakar dengan berbantuan komputer dalam pembentukan model serta lakaran dua dan tiga dimensi atau lebih dikenali sebagai “**Computer-aided drafting and design program**” (CAD). Perisian ini boleh digunakan dalam semua bidang kerja terutama sekali dalam bidang-bidang yang memerlukan kepakaran seperti bidang kejuruteraan Mekanikal, Awam, Senibina, Rekabentuk Grafik, dan semua bidang yang berkaitan dengan penggunaan CAD.

Sistem perisian lukisan terbantu komputer ini akan membekalkan kemudahan dalam penghasilan model yang tepat untuk memenuhi keperluan piawaian di samping segala informasi di dalam lakaran boleh digunakan dalam bentuk laporan, Dengan bantuan sistem ini dapat menghasilkan sesuatu kerja pada tahap kecekapan dan yang tinggi ketepatan di samping menjimatkan masa dengan hanya perlu memberi beberapa arahan yang mudah.

Lukisan yang dibentuk melalui perisian ini boleh dipindahbentuk untuk kegunaan perisian grafik yang lain melalui beberapa format seperti DXF (Data Exchanged File), IGES, dan SLD. Ianya juga boleh dipindahbentuk kepada format GIS iaitu SHP. Dalam kajian ini perisian ini digunakan untuk tujuan pengeditan data dan pendigitan peta asas.



Rajah 1.3: Perisian ArcGIS 9.3 digunakan untuk paparan analisis hasil kajian
(Sumber: www.esri.com)

Bagi tujuan analisis kajian ini, produk daripada ESRI iaitu perisian ArcGis 9.3 digunakan. Penggunaan perisian ArcGIS 9.3 dengan spesifikasi ArcInfo adalah bagi menjalankan analisis berkaitan data spatial. Pemilihan perisian ini ialah kerana ia mempunyai pakej lengkap dan mudah. Komponan ArcMap dalam perisian ini memudahkan proses mengolah, menjalankan analisis spatial dan memaparkan hasil analisis, sementara komponen ArcCatalog pula memudahkan dalam penyusunan dan pengurusan data-data spatial kajian.

Selain daripada perisian ArcGIS 9.3, perisian ArcView 3.3 juga merupakan salah satu tool GIS yang turut menyediakan kemudahan analisis. Perisian ini telah diintegrasikan dengan Model SINMAP dimana Model SINMAP mampu mengendalikan analisis kestabilan cerun

1.7 Kepentingan Kajian

Pembangunan kearah sistem amaran awal (*Early Warning System*) menjadi salah satu faktor yang penting untuk pencegahan bencana terutamanya tanah runtuh. Walaupun terdapat beberapa sistem amaran awal dan *real time monitoring system* di Malaysia, tetapi penggunaannya masih terhad ditahap permulaan. Sistem-sistem ini telah digunakan oleh Jabatan Kerja Raya (JKR), Jabatan Pengairan dan Saliran (JPS), Projek Lebuhraya Utara Selatan Sdn Bhd (PLUS). Sistem amaran awal tempatan yang sedia ada menggunakan tolok hujan dan alat pemantauan permukaan sebagai peralatan utama. Sebahagian besar inisiatif untuk membangunkan sistem-sistem ini hanya bermula pada awal tahun 2006. Tujuan kajian ini adalah untuk mengenalpasti kawasan yang berpotensi berlaku kejadian tanah runtuh melalui pemodelan dengan menggunakan perisian GIS. Terdapat pelbagai faktor yang perlu diambil kira dalam menentukan kawasan tanah runtuh antaranya ialah taburan hujan, jenis tanah, kecerunan cerun, guna tanah, saluran dan faktor alam sekitar. Kajian ini boleh dianggap sebagai sebahagian daripada komponen sistem amaran awal kerana hubungan diantara parameter atau faktor-faktor yang boleh menyebabkan berlakunya tanah runtuh akan dikaji dan dianalisis. Seterusnya peta risiko tanah runtuh akan dihasilkan berdasarkan parameter-parameter yang telah dikenalpasti.

Berikut adalah kepentingan kajian ini dijalankan:

- i. Menghasilkan peta zon tanah runtuh yang dapat membantu pelbagai pihak dalam membuat keputusan terutamanya dalam perancangan pembangunan sosio-ekonomi.
- ii. Meningkatkan pemahaman masyarakat tentang mekanisma serta punca-punca kejadian tanah runtuh supaya kaedah pengawalan dan penstabilan yang terbaik dapat dicadangkan.

1.8 Struktur Tesis

Tesis ini ditulis di dalam lima bab yang berbeza. Tesis ini dimulai dengan bab pengenalan, dimana terdapat penerangan ringkas mengenai kajian yang dijalankan dalam bab ini. Antara topik-topik yang terdapat dalam bab satu ialah pendahuluan, pernyataan masalah, objektif kajian, skop kajian, tujuan kajian, dan kawasan kajian.

Bab 2 merupakan bab kajian literatur. Antara topik yang dibincangkan di dalam bab ini ialah fenomena tanah runtuh, kejadian tanah runtuh di Malaysia, kajian tanah runtuh di Malaysia, aplikasi GIS dalam kajian tanah runtuh dan juga pemetaan tanah runtuh.

Bab 3 pula membincangkan kaedah kajian yang digunakan untuk menghasilkan peta zon tanah runtuh bermula dari fasa kajian awal, pengumpulan dan pemprosesan data sehinggalah kepada penghasilan peta zon tanah runtuh. Bab ini turut menerangkan tentang model SINMAP yang digunakan untuk analisis kestabilan cerun seterusnya menghasilkan peta zon tanah runtuh.

Bab yang seterusnya iaitu bab 4 merupakan bab yang menerangkan tentang analisis dan hasil kajian. Antara analisis yang terlibat adalah analisis data hujan, kecerunan cerun, saliran, guna tanah dan geologi.

Bab yang terakhir ialah bab 5. Membuat kesimpulan terhadap hasil kajian iaitu peta zon tanah runtuh kawasan Bukit Antarabangsa. Beberapa cadangan turut diusulkan di dalam bab ini.

RUJUKAN

- Abdul Majid, S.Sum, C.W. dan Ferdaus A (1998). Gelongsoran Tanah Di Bukit Antarabangsa, Hulu Kelang, Selangor. Jabatan Ukur Geologi Malaysia, Kementerian Industri Utama.
- Abdullah, C.H. & Mohamed, A., (2009) Landslide and National Slope Policies, Seminar on Safe Hill-Site Development, Malaysia, Februari 14, Vol.2
- Acharya, G., De Smedt, F., Long, N.T., (2006). Assessing landslide hazard in GIS: a case study from Rasua, Nepal. *Bulletin of Engineering and Environment*. 65(1), 99-107
- Akgun A. E.A. Sezer E.A,H.A. Nefeslioglu, ,H.A.C. Gokceoglu, G dan Pradhan, B. (2012). an easy-to-use MATLAB program (MamLand) for the assessment of landslide susceptibility using a Mamdani fuzzy algorithm. *Computers & Geosciences*. 38(1), 23-24
- Aleotti, P dan Chowdry, R. (1999). Landslide hazard assessment: summary review and new perspective. *Bull. Eng. Geol. Environ*. 58(1999), pp. 21-44
- Aleotti, P. (2004). A Warning System of Rainfall-Induced Shallow Failure. *Engineering Geology* 73:247–265
- American Planning Association (2005). Landslide Hazards and Planning. Washington: American Planning Association.
- Amir, H., Fatt, C.L., Hui, T.K. (1999). Rainfall and erosion study in cameron highlands. In. Roslan, Z.A dan Tew K.H. (edit). Compilation Of Presented Research Papers On Soil Erosion Issues In Malaysia. 2nd Edition. Vt Soil Erosion Research & Consultancy. Selangor. 1-24.

Askury, A.K. (1999a). Laporan Tinjauan Awal Kejadian Tanah Runtuh Di Bukit Besar, Terengganu. Jabatan Penyiasatan Kajibumi Malaysia Terengganu. Laporan: Eng Geo/TRG 1/1999.

Askury, A.K. (1999b). Laporan Kegagalan Cerun Di Km 69.54, Jalan Raya Timur Barat, Gerik Perak. Jabatan Penyiasatan Kajibumi Malaysia Terengganu. Laporan: Eng Geo/TRG 5/1999.

Askury, A.K. (1999c). Laporan Geologi Kejuruteraan terhadap kejadian tebing runtuh di km 71.83, Jalan Raya Timur Barat, Gerik Perak. Jabatan Penyiasatan Kajibumi Malaysia Terengganu. Laporan: Eng Geo/TRG 4/1999.

Ayalew, L.; Yamagishi, H.; Marui, H. & Kanno, T. (2005). Landslides In Sado Island Of Japan. Part II. GIS-Based Susceptibility Mapping With Comparisions Of Result From Two Methods And Verifications. *Engineering geology*. 81:432-445

Babu, G.L.S and Mukesh, M.D. (2002). Landslides Analysis in Geographic Information System.

Bates, R.L., and Jackson, J.A., (1987). Glossary of geology, 3rd Ed. American geological institute, Alexandria. 788 pp.

Berita Harian (2002), Pembangunan Cerun Bukit Terdedah Pelbagai Risiko. 28 November 2002.

Bernama (2008). Sejarah Tanah Runtuh di Hulu Klang dan Sekitarnya. 6 Disember 2008. Received 3 March 2003.
http://www.bernama.com/bernama/v3/bm/news_lite.php

Bernama (2008, 06 Disember). Sejarah Tanah Runtuh Di Hulu Klang Dan Sekitarnya.http://www.bernama.com/bernama/v3/bm/news_lite.php?id=3767

- Beven dan Kirkby. (1979). A Physically Based, Variable Contributing Area Model of Basin Hydrology. *Buletin Sains Hidrologi*, (24):43-69
- Biswajeet Pradhan, Saro Lee, (2010). Landslide Susceptibility Assessment and Factor Effect Analysis: Backpropagation Artificial Neural Networks and Their Comparison with Frequency Ratio and Bivariate Logistic Regression Modelling. *Environmental Modelling & Software*, 25(2010) 747-759
- Brand, E. (1984). Landslides in South-east Asia: A State of the Art Report. 4th Int. Symp. On Landslides, Toronto.
- Brand, E.W. (1989). Occurrence and Significance of Landslide in Southeast Asia. Landslide:) Proceedings of the 28th International Geological Congress: Symposium On Landslides. A.A.Balkema: Netherlands. 303-324.
- Bujang B.K Huat dan Faisal Hj. Ali.(2007). *Essential Soil Mechanics for Engineers*. Serdang: Universiti Putra Malaysia Press
- Bujang B.K Huat dan Faisal Hj. Ali (2004). *Tropical Residual Soils Engeneering*. Serdang: Universiti Putra Malaysia Press
- Burton A. and Bathurst J.C. (1998). Physically Based Modeling of Shallow Landslide Sediment Yield at Catchment Scale. *Environmental Geology* 35 (2-3) pp 89-99
- Carrara, A., Cardinali, M., Guzetti, F., dan Reichenbach, P., (1995). GIS-Based Techniques for mapping landslide hazard. Geographical information system in assessing natural hazards, academic pub., Dordrecht, Netherlands.
- Chau, K.T., Sze, Y.L.; Fung, M.K.; Wong, W.Y.; Fong, E.L. & Chan, L.C.P. (2004). Landslide Hazard Analysis for Hong Kong Using Landslide Inventory and GIS. *Computers & Geosciences*. 30: 429-443

C.-T. Cheng C.-W. Shen, Y.H. Lin, C.-H. Chen, P.-S. Hsieh, K.-S. Shao, H.-J. Chen, C.-C. Chi dan S.-R. Yang (2009). Development of Early Warning System for Rainfall-Triggered Landslide Hazard in Taiwan. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 11, EGU2009-6692, 2009

Coffey (Malaysia) Sdn.Bhd (2001). Slope failure report. Section 5, Wangsa Maju, Kuala Lumpur.

Crozier, M.J. (1997). Prediction of rainfall-triggered landslides: A Test of The Antecedent Water Status Model. *Earth Surface Processes and Landforms* 24: 825-833.

Cruden, D. (1991). A Simple Definition of a Landslide. *Bulletin IAEG*. 43: 27-29.

Cruden , D.M, dan Vernes, D.J., (1996). Landslide Type And Processes. In: Turner, A.K., Dan Schuster, R.L.(Eds), *Landslides Investigation And Mitigation*, Special Report 247. Transportation Research Board, National Academy Press, Washington D.C:36-75

Dai, F.C.; Lee, C.F & Ngai, Y.Y. (2002). Landslide risk assessment and management: an overview. *Engineering Geology*. 64:65-87

Dahal Rk, Hasewaga S (2008) Representative Rainfall Threshold For Landslides In The Nepal Himalaya. *Geomorphology* 100(3-4):429-443

Description of SINMAP

<http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/g470/class99/aron/menu/objective.html>

Donald W.T (1975). Causes, Mechanisms, And Prediction Of Landsliding In Seattle. Dissertation. University Dunncliff, J. (1988). *Geotechnical Instrumentation For Monitoring Field Performance*. A Wiley-Intersciences Publication. New York. USA

Farisham Abu Samah. Landslides in the Hillside Development in the Hulu Klang, Klang Valley. JKR

Forward, T.A (2002). Quasi-Continuous GPS Steep Slope Monitoring. A Multi-Antenna Array Approach. Ph.D Thesis, Curtin University Of Technology, 211 pp.

Fukuoka, Sassa, Wang and Wang (Eds.) (2005). Landslides: Risk Analysis and Sustainable Disaster Management. Germany: Springer

Fukuoka, Sassa, Wang and Wang (Eds.) (2005). Progress in Landslide Science. Germany: Springer

Gerrard, A.J. (1981). *Soil and Landforms- An Integration of Geomorphology and Pedology*. Department of Geography University of Birmigham.

Gerrard, J., 1994. The Landslide Hazard In Himalaya: Geological Control and Human Action. *Geomorphology* 10, 221-230

Ghanysham Das (2009). Precipitation, Hydrology and Soil Conservation Engineering Including Watershed Engineering. (7-28). New Delhi: PHI Learning Private Limited

Guzzetti, F., Peruccacci S, Rossi M, Stark C P (2007). Rainfall Thresholds for the Initiation of Landslides in Central and Southern Europe. *Meteorology. Atmos. Phys.* 98(3-4):239-267

ITC. Hazard, vulnerability and risk analysis.
<http://www.itc.nl/ilwis/applications/application01.asp>

Jabatan Kerja Raya Malaysia (JKR). *Forum on Slope Hazard Assessment and Mapping for Ulu Klang*.

Jabatan Kerja Raya Malaysia (JKR). *National Slope Master Plan 2009-2023*.

Jabatan Perancang Bandar dan Desa Selangor (2010). *Garis Panduan Perancangan Pembangunan Di Kawasan Bukit Dan Tanah Tinggi Negeri Selangor, 2010*.

Jamaluddin, A., Muda, Z. & Alias, S. (1999). Application of hazard and risk mapping to a mountainous highway in Malaysia. In Slope Stability Engineering. Yagi, Yamagani & Jiang (eds.). Rotterdam: Balkema. pp 1291-1296.

Kamarrul Azahari Razak (2004). *Analisa Deformasi Tanah Runtuh Menggunakan Teknologi GPS*. Tesis Sarjana: Fakulti Kejuruteraan Dan Sains Geoinformasi Universiti Teknologi Malaysia, Skudai.

Kawasan Bertekstur Tanah Longgar Terdedah Kejadian Tanah Runtuh. (2002, 22 November). *Utusan Malaysia*

Kawasan tinggi terdedah tanah runtuh. (1999, 17 Mei). *Utusan Malaysia*

Kronologi tanah runtuh di seluruh Negara. (2002, 21 November). *Utusan Malaysia*.

Marques, R., Zêzere, J., Trigo, R., Gaspar1, J., dan Trigo, I., (2008). Rainfall Patterns And Critical Values Associated With Landslides In Povoação County (São Miguel Island, Azores): Relationships With The North Atlantic Oscillation. *Hydrological Process*, 22: 478–494.

Mohamed M.Gahgah, Juhari Mat Akhir, Abdul Ghani M.Rafek & Ibrahim Abdullah.,(2009) GIS Based Assessment on Landslide Hazard Zonation: Case Study of Cameron Highlands-Gua Musang Road Kelantan, Malaysia, *Sains Malaysiana*, 827-833.

Muhammad Mukhlisin, Ilyias Idris, Wan Zuhairi Wan Yaacob, Ahmed ElShafie dan Mohd Raihan Taha, (2011) Soil Slope Deformation Behavior In Relation To Soil Water Interaction Based On Centrifuge Physical Modeling, *International Journal of the Physical Sciences* Vol. 6(13), pp.3126-313

Pakar Ramal Tragedi Berulang. (2002, 21 November). *Berita Harian*.

Pelajar terbunuh-Rumah dihempap ketulan batu tanah runtuh. (2004, 25 Januari).

Utusan Malaysia

Pembangunan Cerun Bukit Terdedah Pelbagai Risiko. (2002, 28 November) *Berita Harian*.

Roslan Zainal Abidin And Tew Kia Hui (1999). *Compilation of presented research paper on soil erosion issues in Malaysia*. Publisher Selangor VT soil erosion research and consultancy.

Roslan, Z., & Hassan, A.Z., (2005): “ROM” Scale for Soil Erodibility Assessment on the Hilly Terrain”. *Landslide Risk Analysis*. 1st General Assembly and the 4th Session of Board of Representatives, Intern.Consortium of Landslide, Washington D.C. 12 – 14 October 2005

Singh, H., Huat, B. K., & Jamaludin, S., (2008) Slope Assessment: A Review and Evaluation of Current Techniques Used for Cut Slopes in the Mountainous Terrain of West Malaysia, *EJGE*, 13.

Shazlin, O. (2010). *The Potential Use of Terrestrial Laser Scanning For Landslide Study*. Projek Sarjana Muda. Fakulti Kejuruteraan dan Sains Geoinformasi. Universiti Teknologi Malaysia, Skudai, Johor.

Soong N.K., Haridas, G., Yeoh C.S. dan P.H. (1980). *Soil Erosion And Conservation In Peninsular Malaysia*. Rubber Research Institute of Malaysia (RRIM), Malaysia.

Soeters, R., dan Van Western, C.J., (1996). Slope instability recognition analysis and zonation. Spec Rep 47. Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC, 129-177.

Tew Kia Hui (1999). Production of Malaysian Soil Erodibility Nomograph in Related to Soil Erosion Issues. Research and Consultancy, Selangor, Malaysia.

Tragedi tanah runtuh di Hulu Klang, Tiga faktor kejadian- kejadian mungkin bersamaan dengan tragedi banjir lumpur di Pos Dipang, Kampar, Perak pada 1996. (2011, 22 Mei). *Harian Metro*.

Wan Abdul Aziz W.M.A., Md Nor K., Md. Nor S., Zulkarnaini M.A (2005). The Integration Of Satellite Tracking Data And Geo-Spatial Information For Landslide Deformation Modelling. Final report (Unpublished). IRPA Project Vote NO: 74151

W.Mokhtar (2006). Storm Water Management Practices for Hillside Development in Malaysia. *Proceeding Paper in International Conference on Slopes, Malaysia*. 6th 9 Ogos.